La normativa prevenzionale

1. Premessa

Vengono di seguito introdotte e brevemente descritte le principali norme riguardanti la protezione sanitaria dei lavoratori e della popolazione dagli effetti dannosi delle radiazioni ionizzanti.

2. La normativa pregressa

L'impostazione della normativa di protezione dalle radiazioni ionizzanti ha seguito un criterio di privilegio e di maggior rigore nei confronti di altre *noxae* lavorative ed ambientali.

Il legislatore ha elaborato a tal proposito una serie di leggi, prima delle quali la **l. 3/12/1922, n. 1636** recante *"Provvedimenti per la ricerca e la utilizzazione delle sostanze radioattive"*, che si occupava solo dei relativi problemi dell'amministrazione mineraria. Uno dei punti salienti di questa legge è il riconoscimento dei pieni poteri alla "Commissione delle sostanze radioattive", già istituita con decreto luogotenenziale 30/03/1919, n. 472, che sostituisce, per la specifica materia, il Consiglio superiore delle miniere.

Seguirono altri provvedimenti legislativi fino ad un inquadramento più organico del settore nel **r.d. 29/07/1927, n. 1443**, recante norme per la disciplina della ricerca e della coltivazione delle miniere; i profili sanitari connessi all'impiego sempre più intenso delle sostanze radioattive a scopo terapeutico trovarono un assetto più organico nel T.U. sanitario approvato con **r.d. 27/7/1934, n. 1265** (artt. 194-198 e 386-387) e nel relativo regolamento di applicazione per la disciplina degli impianti di radiologia e di *radiumterapia* approvato con **r.d. 28/1/1935, n. 145**. Le radiazioni ionizzanti iniziarono così ad essere considerate anche nell'ottica della protezione della salute dei lavoratori e pertanto furono dettate apposite disposizioni all'interno delle leggi sulle malattie professionali e sugli infortuni sul lavoro, sulla tutela del lavoro delle donne e dei fanciulli, sull'igiene del lavoro in generale e sulle lavorazioni minerarie.

Con la ratifica, da parte dell'Italia, del Trattato istitutivo della Comunità Europea dell'energia atomica (CEAA o *Euratom*) - con competenze esclusivamente nel settore dell'energia nucleare e pacifica - (Euratom - l. 14/10/1957, n. 1203) firmato a Roma il 25 marzo 1957, il nostro legislatore cominciò ad assolvere agli obblighi comunitari con la pubblicazione della **l. 31/12/1962, n. 1860**, *"Impiego pacifico dell'energia nucleare"*

introducendo un regime giuridico per il quale la detenzione, il commercio, l'impiego ed il trasporto di materie radioattive erano assoggettati ad un complesso di adempimenti in fatto di denunce e di autorizzazioni, con competenze plurime e di non sempre agevole coordinamento pratico, anche nel campo della vigilanza ispettiva. Il trattato della CEAA è rimasto praticamente invariato dalla data di entrata in vigore, anche dopo quello di Lisbona del 2007, entrato in vigore il 2009, auspicando solamente la convocazione di una conferenza di revisione del trattato CEEA.

La l. 1860/62 conteneva, tra l'altro, anche una delega al Governo per l'emanazione di "norme per la sicurezza degli impianti e la protezione della popolazione e dei lavoratori contro i pericoli derivanti dalle radiazioni ionizzanti" che fu adempiuta con il **d.p.r. 13/2/1964, n. 185** *"Sicurezza degli impianti e protezione sanitaria dei lavoratori e delle popolazioni contro i pericoli delle radiazioni ionizzanti derivanti dall'impiego pacifico dell'energia nucleare"* con il quale, tra l'altro:

- furono istituiti organi centrali e periferici di coordinamento, di consultazione e di controllo nell'utilizzazione delle materie radioattive, stabilendone le competenze e gli strumenti giuridico-amministrativi cui potevano fare ricorso;
- furono ulteriormente disciplinate la detenzione delle materie radioattive, il loro impiego, trasporto e commercio, introducendo un articolato sistema di obblighi e di autorizzazioni preventive;
- furono dettate disposizioni per la progettazione, la costruzione, il collaudo e la gestione degli impianti nucleari, il controllo e la sicurezza degli stessi ed i piani di emergenza da attivare in caso di incidenti;
- furono stabilite ulteriori norme in materia di lavorazioni minerarie e disposizioni concernenti la sorveglianza fisica e medica, nonché norme sullo smaltimento dei rifiuti radioattivi e sul controllo della radioattività ambientale;
- fu organizzata la protezione sanitaria dei lavoratori, istituendo le figure dell'esperto qualificato e del medico autorizzato (rispettivamente, art. 71 e 76) ai quali erano attribuiti specifici compiti e attribuzioni;
- fu stabilita l'opportunità di fissare dosi e concentrazioni massime ammissibili per varie tipologie di lavoratori per irradiazione globale o parziale dell'organismo (art. 87): a questo articolo è stata data attuazione con il **d.m. 06/06/68**.

Lo sforzo legislativo che si è registrato a cavallo degli anni '70 per aggiornare e adeguare la materia, continua con l'emanazione del **d.p.r. 1428/68,** dove furono stabiliti i tipi di macchine radiogene il cui impiego può determinare rischi da radiazioni ionizzanti, mentre la definizione delle dosi massime ammissibili per la popolazione, ai sensi del d.p.r. n. 185/64, fu attuata con il **d.m. 02/02/71**. Successivamente, i **dd.mm. n. 1150/72 e 15/02/74** regolamentarono le procedure di incarico e di iscrizione di esperti qualificati e medici autorizzati, riordinati con il d.lgs. 230/95 e ora con l'attuale d.lgs. 101/2020, recentemente aggiornato dal d.lgs. 203/2022.

Anche la documentazione relativa alla sorveglianza fisica e medica fu uniformata a partire dal 1° gennaio 2001 a seguito dell'abrogazione del **d.m. 449/90**, attuata dal d.lgs. 241/00.

Con l'emanazione del **d.lgs. 17/03/1995 n. 230** che, nella versione aggiornata fino alla sua abrogazione, recepiva quattro direttive Euratom in materia di radiazioni ionizzanti, una direttiva in materia di sicurezza nucleare degli impianti nucleari e una in materia di gestione sicura del combustibile esaurito e dei rifiuti radioattivi derivanti da attività civili, viene abrogato il d.p.r. 185/64 e si assiste al primo vero sistematico riassetto normativo, precisando che tutti i riferimenti al d.p.r., presenti in leggi, decreti, regolamenti, circolari, dovevano essere riferiti alla nuova norma.

Il testo nativo è stato integrato ed aggiornato nel corso di quasi un ventennio da 12 decreti legislativi e da 2 leggi, a partire dal 26 maggio 2000 fino all'ultima modifica del 2 gennaio 2018, oltre che da alcuni decreti ministeriali "di corredo", nell'attuazione delle condizioni di applicazione del decreto stesso, le cui disposizioni dovevano essere aggiornate in relazione agli sviluppi della tecnica e alle direttive e raccomandazioni UE, individuando specifiche modalità di applicazione per attività e situazioni particolari, come quelle finalizzate alle esposizioni a sorgenti naturali di esposizione.

Il testo del decreto è stato così applicato per tutte le pratiche comportanti un rischio di esposizione da radiazioni ionizzanti provenienti da sorgenti artificiali o naturali, alla costruzione, esercizio e disattivazione degli impianti nucleari, nelle attività lavorative condotte in particolari luoghi di lavoro, come tunnel, sottovie, catacombe, grotte, nonché in stabilimenti termali, nello svolgimento di tutte le attività estrattive, su aerei limitatamente al personale navigante e negli interventi in caso di esposizione prolungata dovuta agli effetti di qualsiasi emergenza o di una pratica o di un'attività lavorativa non più in atto. In tali contesti di esercizio sono state adottate disposizioni a tutela dell'intera popolazione oltre che di particolari categorie di lavoratori.

Ma si avvertì, quasi nell'immediatezza, la necessità di un rinnovamento dell'impianto normativo inerente alla protezione del paziente nelle pratiche radiodiagnostiche, visto che non era stata sufficiente l'esperienza di un trentennio di applicazione del d.p.r. 185/64, probabilmente per la scarsa attenzione al problema, a cui il decreto aveva dedicato due soli articoli.

Così, il **d.lgs. 26/05/2000, n. 187** si affianca al d.lgs. 230/95 abrogandone gli artt. da 109 a 114, cioè tutta la sezione II del Capo IX riguardante la protezione dei pazienti, poiché nel nuovo decreto la materia viene trattata in maniera più organica e completa, individuando nel suo campo di applicazione i soggetti che non rientrano nel campo professionale o lavorativo, come appunto i pazienti, i familiari che prestano assistenza, i volontari per scopi di ricerca, riservando un'attenzione particolare alle donne in stato di gravidanza o allattamento e ai bambini. Per ciascuna categoria, non sono definiti limiti di dose come per i lavoratori, ma livelli di dose di riferimento e vincoli di dose per la pianificazione della radioprotezione. Vengono infatti precisati i criteri per la valutazione della dose al paziente e i vincoli di dose per coloro che assistono e confortano persone sottoposte ad esposizioni mediche, vietando espressamente per quest'ultima categoria l'esposizione dei minori di 18 anni e delle donne con gravidanza in atto. Tutto ciò, nell'ottica del principio di giustificazione e ottimizzazione, che rimanda all'allegato III per le relative procedure, assieme ai livelli diagnostici e di riferimento da usare nei programmi di assicurazione di qualità, le cui linee guida sono riportate in allegato II.

3. La normativa vigente

Il **decreto legislativo 31 luglio 2020 n. 101**, entrato in vigore il 27 agosto 2020, recepisce la direttiva 2013/59/Euratom in tema di protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione a radiazioni ionizzanti, abrogando contestualmente le precedenti direttive recepite nel corso degli anni dal d.lgs. 230/95 e riordinando la relativa normativa di settore.

3.1 Il percorso di recepimento della direttiva europea

Il recepimento della direttiva non è stato immediato né agevole. Infatti, a seguito della legge di delegazione europea 2014 fu istituito un tavolo tecnico su richiesta della Direzione generale per l'approvvigionamento, l'efficienza e la competitività energetica del Ministero dello sviluppo economico che portò all'elaborazione di un documento ad aprile del 2017 in prossimità della scadenza della legge di delegazione, che però non approdò in Consiglio dei ministri. I lavori ripresero nella primavera del 2019 sotto il diretto coordinamento della Presidenza del Consiglio, per arrivare con la legge di delegazione europea 2018, ad una nuova delega al Governo con nuovi criteri di recepimento. Dopo l'approvazione in Consiglio dei ministri a gennaio 2020 ed il successivo passaggio consultivo in Conferenza Stato-Regioni e nelle Commissioni parlamentari competenti, il testo è stato approvato in CdM il 29 luglio e pubblicato in G.U. il 12 agosto 2020. Per questi ritardi, è stata avviata nei confronti dell'Italia la procedura d'infrazione n. 2018/2044 per il mancato recepimento entro la data di scadenza della direttiva, prevista per il 6 febbraio 2018 ed il deferimento dell'Italia alla Corte di giustizia dell'Unione europea per mancato recepimento, in quanto, come si legge nel comunicato del 25 luglio 2019, *"Le autorità italiane non hanno adottato alcuna legge di recepimento della direttiva, o comunque non la hanno notificata alla Commissione"*.

3.2 La struttura del d.lgs. 101/2020

Il decreto, aggiornato all'ultima modifica con il d.lgs. 25 novembre 2022 n. 203, si compone di 245 articoli, più l'art. 8-bis, ripartiti in 17 titoli e 35 allegati.

Il corpo normativo è così strutturato:

- Titolo I - *Campo di applicazione e principi generali di protezione delle radiazioni ionizzanti* (artt. 1 - 6);
- Titolo II - *Definizioni* (art. 7);
- Titolo III - *Autorità competenti e funzioni di vigilanza* (artt. 8 - 9);
- Titolo IV - *Sorgenti naturali di radiazioni ionizzanti* (artt. 10 - 29);
- Titolo V - *Lavorazioni minerarie* (artt. 30 - 35);
- Titolo VI - *Regime giuridico per importazione, produzione, commercio trasporto e detenzione* (artt. 36 - 45);
- Titolo VII - *Regime autorizzatorio e disposizioni per i rifiuti radioattivi* (artt. 46 - 61);

- Titolo VIII - *Particolari disposizioni per le sorgenti sigillate ad alta attività e le sorgenti orfane* (artt. 62 - 75);
- Titolo IX - *Impianti* (artt. 76 - 101);
- Titolo X - *Sicurezza degli impianti nucleari e degli impianti di gestione del combustibile esaurito e dei rifiuti radioattivi* (artt. 102 - 105);
- Titolo XI - *Esposizione dei lavoratori* (artt. 106 - 146);
- Titolo XII - *Esposizione della popolazione* (artt. 147 - 155);
- Titolo XIII - *Esposizioni mediche* (artt. 156 - 171);
- Titolo XIV - *Preparazione e risposta alle emergenze* (artt. 172 - 197);
- Titolo XV - *Particolari situazioni di esposizione esistente* (artt. 198 - 204);
- Titolo XVI - *Apparato sanzionatorio* (artt. 205 - 231);
- Titolo XVII - *Norme transitorie e finali* (artt. 232 - 245).

L'aggiornamento normativo del 2022 ha portato una serie di modifiche che non sono strutturali al corpo normativo originario, ma integrative ed esplicative per alcuni principi già costituiti, come correzione di refusi, punteggiature, incertezze interpretative, nonché correzione di omissioni, come il livello di riferimento di Radon che può essere valutato sia in termini di dose efficace (6 mSv/anno) che di esposizione integrata (895 kBq·h·m^{-3}) o l'inserimento di una nuova definizione, che è anche l'unica, come il punto 86-bis dell'art. 7 riguardante la definizione di luogo di lavoro sotterraneo: "locale o ambiente con almeno tre pareti sotto il piano di campagna, indipendentemente dal fatto che queste siano a diretto contatto con il terreno circostante o meno" e nuovi intervalli temporali entro cui completare le misurazioni (aggiunto il comma 1-bis all'art. 17).

3.3 Il campo di applicazione

Il campo di applicazione riguarda qualsiasi situazione di esposizione pianificata, esistente o di emergenza a radiazioni ionizzanti che non può essere trascurata sia ai fini della radioprotezione sia per quanto riguarda l'ambiente ai fini della protezione umana a lungo termine.

Le esclusioni riguardano la radiazione naturale al livello del suolo, l'esposizione cosmica e quella risultante dalla presenza di radionuclidi sia nell'organismo umano che nella crosta terrestre non perturbata; mentre nelle attività di volo o missioni nello spazio, sono esclusi per l'esposizione cosmica tutti i soggetti che non fanno parte dell'equipaggio.

Gli altri limiti di applicazione sono stabiliti in alcuni titoli sotto particolari condizioni, come ad esempio prevede l'art. 23 comma 1, che esclude dal campo di applicazione del decreto i solidi, i liquidi o gli aeriformi contenenti radionuclidi di origine naturale *(Titolo IV – Sorgenti naturali di radiazioni ionizzanti)* che provengono da pratiche soggette a notifica, purché rispettino tutte le condizioni di non rilevanza radiologica previste dall'allegato II; o l'art. 54 *(Titolo VII – Regime autorizzatorio e disposizioni per i rifiuti radioattivi)*, che per gli stessi materiali rimanda all'allegato I; ed ancora,

l'esenzione del nulla osta preventivo per talune pratiche (art. 59), compreso l'impiego di microscopi elettronici.

3.4 Le novità maggiormente rilevanti in materia di radioprotezione

Se si considera che all'interno del d.lgs. 101/2020 il d.lgs. 81/2008 è citato 20 volte (ad esclusione degli allegati e delle note agli articoli) contro le 7 volte del d.lgs. 230/95 nei confronti del d.lgs. 626/94, si intuisce una maggiore integrazione fra il decreto 101/2020 e il decreto 81/2008, con la naturale premessa dell'art. 2 del decreto 101/2020, secondo cui tutto ciò non diversamente previsto dal decreto 101, trova la sua applicazione nel decreto 81/2008. L'art. 244 del decreto 101/2020 modifica infine l'art. 180 del decreto 81/2008, specificando la distinzione normativa della protezione dei lavoratori dalle radiazioni ionizzanti, rispetto alle altre tipologie di rischi lavorativi. Ovviamente, i riferimenti maggiormente ricorrenti si riscontrano nel titolo XI – *Esposizione dei lavoratori* e, in misura minore, nel titolo IV - *Sorgenti naturali di radiazioni ionizzanti* e nel titolo XIII – *Esposizioni mediche*.

In particolare, viene finalmente ratificata la collaborazione tra l'esperto di radioprotezione (già esperto qualificato per il decreto 230/95) e il responsabile del servizio prevenzione e protezione (RSPP), che il datore di lavoro deve garantire ed il chiaro rimando al documento di valutazione dei rischi (DVR) degli articoli 17 e 28 del decreto 81 per misurazioni, relazioni e valutazioni in termini di rischio da radiazioni ionizzanti, che ne fanno così parte integrante.

3.4.1 Le figure professionali e la formazione

Riguardo l'esperto in radioprotezione, il decreto introduce un nuovo grado di abilitazione, che si aggiunge ai tre precedenti: abilitazione di terzo grado sanitario, per la sorveglianza fisica delle sorgenti di radiazioni diverse da quelle previste per le abilitazioni di primo e secondo grado e che siano utilizzate esclusivamente a fini medici all'interno di strutture sanitarie, con l'esclusione quindi delle sorgenti previste dal 3° grado e richiamati nelle definizioni dell'art. 7, come per esempio, impianti nucleari di potenza, di ricerca per il trattamento di combustibili irradiati (art. 7, numeri 16, 63, 66, 67, 68, 69 e 116). Quest'ultima abilitazione comprende tutte le precedenti.

Il d.lgs. 203/2022 ha modificato anche alcuni criteri riguardanti la formazione e l'aggiornamento specifico delle figure professionali. Riguardo la prima, è prevista una formazione post-universitaria di valenza proporzionale al grado da conseguire o una scuola di specializzazione per tutti i gradi, seguita da un tirocinio pratico di 20, 40, 60 o 80 giorni, rispettivamente per il I, II, III grado sanitario e III grado; mentre l'aggiornamento professionale, assicurato da università, albi professionali, organizzazioni scientifiche o specifiche associazioni di categoria passa da 100 ore ogni 3 anni del decreto 101 a 60 ore ogni 3 anni del decreto 203.

Sempre in merito alla formazione, cambia la periodicità di aggiornamento per i lavoratori, dirigenti e preposti, che passa da 3 a 5 anni ed integra quella prevista dall'art. 37 del decreto 81/2008.

Il decreto 101/2020 stabilisce inoltre l'inserimento di adeguate attività didattiche in materia di radioprotezione del paziente nelle facoltà di medicina e chirurgia e in altri

corsi di laurea di professioni sanitarie, prevedendo l'aggiornamento professionale nell'ambito dell'educazione continua in medicina (ECM) per medici specialistici, medici di medicina generale, pediatri di famiglia, tecnici sanitari di radiologia medica, infermieri e infermieri pediatrici nella misura del 10% dei crediti ECM complessivi previsti nel triennio, mentre per gli odontoiatri e i medici specialistici che svolgono attività complementare, la percentuale sale al 15%.

Lo **Specialista in fisica medica**, che sostituisce l'Esperto in fisica medica, è una figura introdotta dall'art. 83 della direttiva 59/2013/Euratom, ruolo ricoperto da una professione sanitaria quale è il fisico specialista in fisica medica e a cui sono affidati specifici compiti di collaborazione con l'esercente, il responsabile dell'impianto radiologico, il medico specialista, il tecnico sanitario di radiologia medica, l'esperto in radioprotezione ed il medico autorizzato. La sua è una consulenza specialistica, nell'ambito delle esposizioni a scopo medico, sulle questioni riguardanti la fisica delle radiazioni in relazione al rispetto dei requisiti del titolo XIII, avendo in via esclusiva la responsabilità della misura e della valutazione delle dosi assorbite dai soggetti che a vario titolo sono esposti a radiazioni *(pazienti, lavoratori soggetti a sorveglianza sanitaria o a programmi di screening sanitario, pazienti volontari nell'ambito della ricerca, persone nell'ambito di procedure a scopo non medico, persone che assistono e confortano persone sottoposte ad esposizioni mediche).* Riveste anche ruoli di responsabilità nella scelta della strumentazione da impiegarsi nell'ambito della dosimetria sul paziente e nei controlli di qualità da effettuarsi sulle attrezzature medico-radiologiche. In tema di aggiornamento professionale per lo Specialista in fisica medica, i crediti specifici in materia di radioprotezione devono essere almeno il 15% dei crediti per ogni triennio.

Una nuova figura, introdotta non dalla direttiva, ma solo dalla normativa italiana, è l'**Esperto in interventi di risanamento radon**, un tecnico in possesso di un'abilitazione professionale per lo svolgimento di attività di progettazione di opere edili (e non più un geometra, ingegnere o architetto come prevedeva il testo originario del 101/2020) iscritto all'albo e che abbia frequentato un corso dedicato a carattere universitario di 60 ore, con obbligo di aggiornamento di corsi di almeno 4 ore ogni 3 anni, per porre in atto le misure correttive per la riduzione della concentrazione di radon negli edifici.

In tema di sorveglianza sanitaria, la novità più rilevante è l'affidamento al **Medico autorizzato** di tutti i lavoratori esposti, compresi apprendisti e studenti, sia di categoria A che di categoria B e non più suddivisa tra il medico competente per gli esposti di categoria B ed il medico autorizzato per gli esposti di categoria A. In deroga a quanto previsto dal decreto, i medici competenti che alla data della sua entrata in vigore svolgevano tale attività sui lavoratori di categoria B, potevano continuare a farlo per altri 24 mesi, cioè fino al 27 agosto 2022.

3.4.2 I limiti di dose

Nell'ambito del titolo XIII, un'importante novità è rappresentata dalla riduzione del limite di dose equivalente al cristallino per i lavoratori esposti, che è passato da 150 mSv/anno a 20 mSv/anno. Tale riduzione si riflette quindi anche nelle definizioni per la classificazione dei lavoratori (art. 133): infatti sono classificati in categoria A i

lavoratori esposti che in un anno solare sono suscettibili di un'esposizione superiore ad uno dei seguenti valori: 6 mSv di dose efficace, 15 mSv di dose equivalente per il cristallino (originariamente era 45 mSv), 150 mSv per la pelle e le estremità; sono invece classificati in categoria B i lavoratori esposti che non rientrano nella categoria A e quindi quelli che in un anno solare sono suscettibili di un'esposizione compresa tra i limiti per la popolazione e i lavoratori esposti di categoria A.

La tabella 1 che segue riassume i limiti di dose attualmente in vigore.

Tabella n. 1	Limiti di dose individuale previsti per anno solare			
SOGGETTI	**Dose efficace (mSv)**	**Dose equivalente (mSv)** [a]		
		Estremità	pelle	cristallino
Popolazione, lavoratori non esposti [b]	1	-	50	15
Lavoratori esposti [c] Apprendisti/studenti, età ≥ 18 [d]	20	500	500	20
Apprendisti/studenti, 16 ≤ età < 18 [d]	6	150	150	15
Apprendisti/studenti, età ≥ 16 [e] [g] Apprendisti/studenti, età < 16 [f] [g]	0,5	25	25	7,5

Fonte: art. 120 *(apprendisti e studenti)*; art. 133 *(Classificazione dei lavoratori e degli ambienti di lavoro)*; art. 146 *(limiti di dose)*.

(a) Il limite di ogni Dose equivalente si applica nel rispetto del limite della corrispondente Dose efficace.

(b) Sono considerati "lavoratori non esposti" i soggetti che non siano suscettibili di superare uno qualsiasi dei limiti fissati per gli individui della popolazione.

(c) Sono classificati "lavoratori esposti" i soggetti suscettibili di superare in un anno solare uno o più dei seguenti valori: *I)* 1 mSv di dose efficace; *II)* 15 mSv di dose equivalente per il cristallino; *III)* 150 mSv di dose equivalente per la pelle calcolato in media su 1 cm^2 qualsiasi di pelle; *IV)* 50 mSv di dose equivalente per le estremità. I lavoratori esposti possono essere di categoria "A" o "B": i primi sono suscettibili, in un anno solare, di un'esposizione superiore ad uno dei seguenti valori: 6 mSv di dose efficace, 15 mSv di dose equivalente per il cristallino, 150 mSv di dose equivalente per la pelle e le estremità; i lavoratori di categoria "B" sono lavoratori esposti che non rientrano nella categoria "A".

(d) Apprendisti e studenti che si avviano ad una professione nel corso della quale saranno esposti a radiazioni ionizzanti, o i cui studi implicano necessariamente l'impiego di sorgenti di radiazioni ionizzanti.

(e) Apprendisti e studenti che non si trovano nelle condizioni precedenti.

(f) Apprendisti e studenti di età inferiore a 16 anni.

(g) La dose ricevuta per ogni singola esposizione non può superare un ventesimo dei limiti della popolazione.

I limiti di dose individuale si riferiscono alle due possibili modalità di esposizione delle persone: irraggiamento esterno e interno. Nell'irraggiamento esterno la sorgente, apparecchiatura radiogena o materiale radioattivo, è esterna all'individuo e l'esposizione cessa confinando la sorgente ovvero allontanando il soggetto dalla zona a rischio e provvedendo ad una adeguata decontaminazione se la sostanza radioattiva ha contaminato esternamente l'interessato (pelle o abiti). L'irraggiamento interno si ha quando il materiale radioattivo penetra nell'organismo. In questo caso, l'esposizione termina solo con la rimozione dal corpo del radionuclide contaminante, che avviene per decadimento radioattivo e attraverso i processi metabolici di

escrezione corporea: urine, feci, sudore ed aria esalata. Il metabolismo della sostanza contaminante influisce sul tempo di ritenzione nell'organismo e dipende dalle proprietà fisiche e chimiche del contaminante e dalla modalità di introduzione che, di solito, avviene per ingestione, inalazione o assorbimento cutaneo o attraverso ferite. L'esposizione è proporzionale all'attività introdotta e al tempo di ritenzione della sostanza nel corpo, che può essere di alcune ore, di alcuni anni o pari alla durata della vita del soggetto contaminato.

I limiti di dose assicurano la protezione dai danni deterministici e rendono accettabili, pur non annullandoli, quelli stocastici, siano essi somatici o genetici. Di conseguenza, anche rispettando i limiti, rimangono comunque da considerare i danni stocastici per i quali, in via cautelativa, è ammessa una relazione direttamente proporzionale tra dose e probabilità di insorgenza dell'effetto. E poiché il rischio individuale deve essere ridotto al minimo, a meno di rinunciare ai benefici che le radiazioni apportano alla nostra società, si deve provvedere affinché la dose assorbita dalle persone sia la più bassa (ragionevolmente) possibile.

3.4.3 La protezione radiologica

Da quanto detto deriva il disposto dell'art. 1 del d.lgs. 101/2020 che, in continuità con quanto prevedeva il decreto 230/95 nell'accogliere le raccomandazioni internazionali, formulate per la prima volta nella pubblicazione n. 26 del 1977 dalla Commissione internazionale per la protezione radiologica (ICRP) e ridefiniti nella Pubblicazione n. 60 del 1990, è il fondamento su cui si basa il sistema di protezione radiologica.

Nelle sue Raccomandazioni 2007 (ICRP, 2007d), la Commissione ha formulato una serie di principi che si applicano in ugual misura a situazioni pianificate, di emergenza ed esistenti, e chiarisce come i principi fondamentali (giustificazione, ottimizzazione della protezione, applicazione dei limiti di dose) si applicano alle sorgenti di radiazioni e agli individui, così come i principi relativi alla sorgente (giustificazione ed ottimizzazione della protezione) si applicano a tutte le situazioni di esposizione. I due seguenti principi relativi alla sorgente, definiti dalla ICRP e rimodulati nelle definizioni dell'art. 1, comma 4 lett. *a)* e *b),* si applicano in tutte le situazioni di esposizione:

- **giustificazione**: "qualsiasi decisione che modifica la situazione esistente di esposizione alle radiazioni (per esempio introducendo una nuova sorgente di radiazioni o riducendo l'esposizione esistente) dovrebbe apportare più beneficio che danno. Questo significa che, introducendo una nuova sorgente di radiazione, riducendo l'esposizione esistente, o riducendo il rischio di esposizione potenziale, si dovrebbe ottenere un beneficio individuale o per la società sufficiente a controbilanciare il detrimento causato";

- **ottimizzazione:** "la probabilità di incorrere in esposizioni, il numero di persone esposte e l'entità delle loro dosi individuali, dovrebbero essere tenute tanto basse quanto ragionevolmente ottenibile, in considerazione dei fattori economici e sociali. Questo significa che il livello di protezione dovrebbe essere il migliore ottenibile nelle circostanze considerate, massimizzando il margine di beneficio rispetto al danno. Per evitare che questo procedimento di ottimizzazione possa

determinare gravi disuguaglianze, ci dovrebbero essere restrizioni sulle dosi o sui rischi per gli individui derivanti da una specifica sorgente (vincoli di dose o di rischio e livelli di riferimento)".

La Commissione utilizza i termini "vincolo di dose" nelle situazioni di esposizione programmata e "livello di riferimento" per le situazioni di esposizione di emergenza ed esistenti. Sebbene, però, l'esposizione medica dei pazienti sia una situazione programmata, il vincolo di dose non è applicabile e gli strumenti utilizzati per l'ottimizzazione della protezione nell'esposizione medica dei pazienti sono i "livelli diagnostici di riferimento", definiti come i livelli di dose nelle pratiche radiodiagnostiche mediche o interventistiche o i livelli di attività nel caso di radiofarmaci.

La considerazione di tali livelli, promossi e definiti dal Ministero della salute con il concorso dell'Istituto Superiore di Sanità e di rilevanti società scientifiche, rientra nel principio di ottimizzazione declinato dall'art. 158 e con l'aggiornamento normativo del 2022, vengono esplicitati i rapporti ISTISAN 17/33 - *Livelli diagnostici di riferimento nazionali per la radiologia diagnostica ed interventistica* e ISTISAN 22/20 – *Livelli diagnostici di riferimento per la pratica nazionale di radiologia diagnostica e interventistica e di medicina nucleare diagnostica* quali pubblicazioni riportanti i livelli diagnostici di riferimento, di cui il responsabile dell'impianto radiologico deve tener conto ai fini dell'ottimizzazione dell'esecuzione degli esami radiodiagnostici e interventistici.

Il principio relativo all'individuo si applica nelle situazioni di esposizione programmata, esclusa l'esposizione medica ai pazienti:

- **limitazione delle dosi**: "la dose totale a ogni individuo da tutte le sorgenti regolamentate nelle situazioni di esposizione programmata, all'infuori dell'esposizione medica di pazienti, non dovrebbe superare gli appropriati limiti raccomandati dalla Commissione (che il decreto definisce nei limiti fissati per l'esposizione professionale o del pubblico)".

Questa necessità rende indispensabile la registrazione delle dosi assorbite dal singolo lavoratore presso tutte le sedi lavorative e ha dato origine alla disciplina specifica per le imprese esterne. Poiché i danni da cui si devono proteggere i lavoratori sono ritardati nel tempo, l'archiviazione documentale delle esposizioni individuali (schede sanitarie e dosimetriche e documentazione di sorveglianza fisica in generale) è prevista tra le misure da predisporre nei confronti dei lavoratori tutelati.

Rispetto al passato, questo principio si applica adesso anche agli assistenti, a coloro cioè che assistono e confortano persone sottoposte ad esposizioni mediche, secondo le procedure descritte nell'allegato XXV; in particolare, i vincoli di dose efficace risultano essere i seguenti:

a) soggetti di età compresa tra 18 e 60 anni: 3 mSv per ogni ciclo di trattamento;

b) soggetti di età superiore a 60 anni: 15 mSv per ogni ciclo di trattamento;

mentre il vincolo di dose efficace per l'esposizione degli individui della popolazione a seguito della dimissione di pazienti portatori di radioattività è fissato in 0,3 mSv per ogni ciclo di trattamento.

3.4.4 Gli indici di rischio di mortalità

Anche gli indici di rischio di mortalità per unità di dose efficace (tumori solidi e leucemie) e genetici (mutazioni e danni alla progenie fino alla terza generazione), sono stati rivisti e quindi aggiornati da parte della ICRP (Pubbl. n. 103 del 2007), che ha calcolato in modo diverso da quelli riportati nella Pubblicazione 60 i coefficienti nominali di probabilità per le neoplasie. La stima corrente è basata sui dati di incidenza delle neoplasie, pesati per la mortalità e la qualità di vita, mentre nella Pubblicazione 60 il detrimento era basato sul rischio di neoplasia mortale pesato in modo da tenere conto delle neoplasie non letali, dell'accorciamento relativo della vita nel caso di neoplasie mortali e per la qualità di vita per le neoplasie non mortali. I coefficienti di rischio nominale corretti per il detrimento riferito al cancro, basati sui dati di incidenza del cancro, sono $5{,}5 \cdot 10^{-2}$ Sv^{-1} per l'intera popolazione e $4{,}1 \cdot 10^{-2}$ Sv^{-1} per i lavoratori adulti; i rispettivi valori nella Pubblicazione 60 erano $6{,}0 \cdot 10^{-2}$ Sv^{-1} e $4{,}8 \cdot 10^{-2}$ Sv^{-1}. I coefficienti di rischio nominale corretti per il detrimento riferito alle malattie ereditarie fino alla seconda generazione (in considerazione dei dati disponibili e delle analisi recenti dell'United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation – UNSCEAR del 2001 e del National Research Council of the National Academies - NAS/NRC del 2006), la posizione della Commissione è stata di estendere i rischi genetici fino alla seconda generazione e non più alla terza della Pubblicazione 60) sono $0{,}2 \cdot 10^{-2}$ Sv^{-1} per l'intera popolazione e $0{,}1 \cdot 10^{-2}$ Sv^{-1} per i lavoratori adulti; i rispettivi valori nella Pubblicazione 60 erano $1{,}3 \cdot 10^{-2}$ Sv^{-1} e $0{,}8 \cdot 10^{-2}$ Sv^{-1} (vedi tabella n. 2).

Tabella n. 2	Coefficienti di rischio nominale modificati per il detrimento per cancro ed effetti ereditari					
Soggetti esposti	Detrimento sanitario (10^{-2} Sv^{-1})					
	Cancro		Effetti ereditari		Totale	
	Attuale	ICRP 60	Attuale	ICRP 60	Attuale	ICRP 60
Intera popolazione	5,5	6,0	0,2	1,3	5,7	7,3
Lavoratori adulti	4,1	4,8	0,1	0,8	4,2	5,6

Fonte: ICRP publication 103, "The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection" - Annals of the ICRP Volume 37/2-4, 2008.

Tali indici derivano da studi epidemiologici che si basano su livelli di dose superiori a quelli assorbiti dalla popolazione; per questi ed altri motivi la loro validità, così come la dipendenza lineare tra rischio e dose, sono messe in discussione da più parti. Gli indici di rischio sono utili (e indispensabili) per la definizione di un sistema organico di gestione della radioprotezione e per la valutazione della incidenza dei danni da radiazione su gruppi di lavoratori e sulla popolazione nel suo insieme, ma non sono appropriati per valutare il rischio individuale della singola persona esposta ad un livello di dose prestabilito. Sulla base degli indici di rischio si può stimare - ai fini della pianificazione della radioprotezione - un rischio di contrarre il cancro pari a 4,1 casi

ogni 100.000 lavoratori adulti esposti a 1 mSv di dose efficace; si tenga presente che una professione è considerata sicura se il rischio è inferiore o pari a 10 decessi ogni 100.000 addetti.

L'esposizione della popolazione può essere indicativa anche per valutare il rischio di carcinoma polmonare derivante dalla esposizione al radon nelle abitazioni italiane, ove la concentrazione media è di 70 Bq/m^3 secondo un'indagine nazionale condotta dall'Istituto superiore di sanità (ISS) e dall'Agenzia per la protezione dell'ambiente e i servizi tecnici (APAT) negli anni 1989-1997 (INAIL – "Il Radon in Italia: guida per il cittadino, 2014"), cui corrisponde una dose efficace > 4 mSv/anno, se si considera il nuovo fattore convenzionale di conversione introdotto dal d.lgs. 101/2020, pari a $6,7 \cdot 10^{-9}$ Sv Bq^{-1} h^{-1} m^3 (ICRP 137; allegato II, p.to 6 d.lgs. 101/2020), mentre secondo la precedente normativa (d.lgs. 230/95), che considerava un fattore di conversione più basso, pari a $3 \cdot 10^{-9}$ Sv Bq^{-1} h^{-1} m^3, la dose efficace annua di esposizione risultava circa 1,9 mSv.

Nel Piano sanitario nazionale (PSN) 1998-2000 era stato evidenziato come il 5-20% dei casi di neoplasia polmonare osservati nella popolazione italiana fosse attribuibile all'esposizione al radon, equivalente a circa 1500-6000 casi l'anno. Il PSN 2001-2003 ha trattato l'argomento appena marginalmente, mentre quello del 2003-2005 è entrato nel merito su una stima di possibile riduzione dei casi di tumore polmonare a seguito di bonifica delle abitazioni italiane per il radon presente nei materiali da costruzione, aspetto ribadito nel PSN 2006-2008. In questo senso, il dettato dell'art. 10 – Piano nazionale d'azione per il radon - rappresenta un obbligo giuridico rispetto a quanto già l'Italia aveva predisposto con il documento del 2002, previsto esplicitamente dall'"Accordo tra il Ministro della salute, le regioni e le province autonome sul documento "Linee-guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati"" del 27 settembre 2001 e coordinato dal 2005 dall'ISS, che gestisce anche l'Archivio nazionale radon[1]. I soggetti più colpiti sono sempre i fumatori, a causa dell'effetto sinergico del fumo e sussistono sempre meno incertezze sul rischio per i non fumatori e sull'interazione tra radon e fumo passivo. I trattamenti medici, diagnostici o terapeutici con radiazioni ionizzanti dei pazienti costituiscono, dopo il radon, la principale fonte di esposizione della popolazione italiana.

3.4.5 Il piano nazionale di azione per il radon

Il nuovo piano nazionale d'azione per il Radon (PNAR) rimane per il momento nello stato di bozza[2], in quanto la Conferenza Stato – Regioni ha posto la condizione che il

[1] Piano Nazionale Radon del 2002: 5d27c0f3-f077-9daa-ebe1-bcb71387137b (iss.it).

Tabelle riassuntive suddivise per regione di monitoraggio indoor:
http://radon.iss.it/2019/09/03/archivio-nazionale-radon/

[2] Piano Nazionale Radon 2023-2032 (bozza del 14/04/2023):
https://www.quotidianosanita.it/allegati/allegato1683628248.pdf .

piano sia finanziato per procedere all'intesa Stato – Regioni, così come declinato dall'art. 10 del decreto 101, ma l'attuale situazione italiana non ha consentito al Governo di accogliere nell'immediatezza le richieste di finanziamento dei vari Ministeri, per cui non potendo procedere all'intesa Stato – Regioni, il PNAR ancora non può essere adottato. Il 10 maggio 2023 è stata però formalizzata un'intesa sullo schema di d.p.c.m. inerente all'adozione del PNAR, con la richiesta al Governo di attivare uno specifico monitoraggio sull'applicazione del piano per stabilirne l'effettivo impatto economico-finanziario e per valutare la congruità del finanziamento previsto dal Governo, nonché per verificare la sostenibilità delle azioni necessarie per attuare il piano stante la necessità di non aggravare ulteriormente la situazione dei bilanci sanitari regionali.

La finalità del PNAR è la riduzione dei rischi di lungo termine attribuibili all'esposizione al radon, secondo le raccomandazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) e gli obiettivi dell'Agenda 2030 dell'Organizzazione delle Nazioni Unite (ONU) per lo Sviluppo Sostenibile. Nel piano sono enunciati gli obiettivi specifici nei 10 anni di durata:

a. la riduzione della concentrazione di radon nei luoghi di lavoro con concentrazione di radon superiore ai 300 Bq/m^3, nel rispetto delle previsioni normative;
b. la riduzione della concentrazione di radon almeno nel 50% delle abitazioni, ricadenti nelle aree prioritarie nelle quali sia stata riscontrata una concentrazione di radon superiore ai 200 Bq/m^3, dando priorità a quelle con concentrazione superiore a 300 Bq/m^3;
c. la riduzione della concentrazione di radon almeno nel 50% delle abitazioni del patrimonio di edilizia residenziale pubblica, ricadenti nelle aree prioritarie, con concentrazione di radon superiore ai 200 Bq/m^3, dando priorità a quelle con concentrazione superiore a 300 Bq/m^3;
d. la verifica che il livello di concentrazione di radon sia inferiore ai 200 Bq/m^3 nelle abitazioni costruite dopo il 31 dicembre 2024.

Tutto ciò nella consapevolezza che *"i programmi di riduzione del radon non generano vantaggi per la salute pubblica valutabili immediatamente, poiché il principale rischio per la salute è il cancro ai polmoni, che ha un tempo di espressione che può essere fino a 35 anni"*.

Per il raggiungimento di tali obiettivi, il Piano si sviluppa intorno a tre assi strategici:

– Asse 1 – Misurare;

– Asse 2 – Intervenire;

– Asse 3 – Coinvolgere.

Ognuno dei tre Assi ha un obiettivo che si raggiunge attraverso l'attuazione delle Azioni previste. Ogni Azione ha indicatori in grado di definirne lo stato e a essi sono associati i relativi tempi di realizzazione. Il piano riporta alla fine alcune appendici che entrano nel merito operativo, in termini di linee guida ad alcune azioni dell'asse 1 e dell'asse 2, come per esempio, l'appendice all'azione 1.3, riguardante l'individuazione di un primo elenco di specifiche tipologie di luoghi di lavoro, come prevedono l'art. 16, c. 1, lett. c)

e l'allegato III, punti 3 e 4 del d.lgs. 101/2020, alle quali applicare quanto previsto dal decreto legislativo 31 luglio 2020, n.101, articoli 17 e 18, rispettivamente, misurazione e comunicazione dei risultati. Le tabelle n. 3 e 4 riportano le specifiche tipologie di luoghi di lavoro e i criteri per l'individuazione dei punti di misura. La tabella n. 4 è inserita ad integrazione delle modalità di esecuzione della misurazione di concentrazione media annua di attività di radon, di cui all'allegato II del decreto 101/2020.

Tabella n. 3	Specifiche tipologie di luoghi di lavoro, ai sensi dell'articolo 16, c.1, lettera *c)*
1.	Locali chiusi con impianti di trattamento per la potabilizzazione dell'acqua in vasca aperta
2.	Impianti di imbottigliamento delle acque minerali (naturali e di sorgente)
3.	Centrali idroelettriche

Tabella n. 4	Criteri per l'individuazione dei punti di misura
Luoghi di lavoro esentati dalla misurazione	locali di servizio, spogliatoi, bagni, vani tecnici, sottoscala, corridoi
	locali a basso fattore di occupazione: minore di 100 ore/anno

3.4.6 Il sistema regolatorio

Il d.lgs. 101/2020 introduce diverse novità nel sistema regolatorio della radioprotezione, rispetto a quanto già avesse fatto il d.lgs. 241/2000, per quanto concerne l'esposizione alle sorgenti naturali di radiazioni ionizzanti:

1. Radon: nel campo di applicazione del decreto rientra ora la protezione dall'esposizione al radon negli ambienti di vita, che era esplicitamente esclusa nella normativa precedente; vi sono poi nuove importanti modifiche per l'esposizione al radon negli ambienti di lavoro.
2. NORM: viene modificata la normativa relativa alla protezione dai radionuclidi naturali presenti nelle materie e nei residui di alcuni materiali non considerati radioattivi ma che possono contenere elevate concentrazioni di radionuclidi.
3. Materiali da costruzione: viene modificata la normativa relativa alla protezione dalle radiazioni gamma provenienti da radionuclidi in essi presenti.

Continuando il discorso per il radon, non si parla più di "livello di azione", al di sopra o al di sotto del quale predisporre o meno interventi di risanamento, ma di "livello di riferimento" che non rappresenta un limite, ma costituisce un valore di concentrazione al di sopra del quale non è opportuno che si verifichi l'esposizione, ma che non esonera comunque di mettere in atto interventi protettivi in osservanza del principio di ottimizzazione. Con il nuovo limite introdotto per le abitazioni costruite a partire dal 2025, i valori risultano ora i seguenti (tabella n. 5):

Tabella n. 5	Livelli di riferimento per la concentrazione media annua di radon
Tipologia locale	**Concentrazione media annua (Bq m^{-3})**
Abitazioni esistenti	300
Abitazioni costruite dopo il 31/12/2024	200
Luoghi di lavoro *(a)*	300

(a) Luoghi di lavoro sotterranei; semisotterranei o al piano terra localizzati in aree individuate dalle regioni entro 24 mesi dall'adozione del piano nazionale d'azione per il radon; specifiche tipologie di luoghi individuati dal PNR; stabilimenti termali.

Se, nonostante gli interventi adottati nei luoghi di lavoro, la concentrazione media annua di radon si mantiene ancora al di sopra dei 300 Bq m^{-3}, si valuta come soglia di riferimento per l'adozione di ulteriori interventi il valore di 6 mSv come dose efficace annua. In merito a quest'ultimo valore, il decreto recepisce il nuovo fattore convenzionale di conversione pubblicato dalla ICRP nel 2018[2] che aggiorna al rialzo di oltre il 20% il precedente, quello del 1993.

I luoghi di lavoro interessati sono elencati all'art. 16 del d.lgs. 101/2020 e riguardano sempre i locali sotterranei e gli stabilimenti termali, ma anche i locali semisotterranei e a piano terra individuati dalle Regioni e Province autonome (art. 11) e in specifiche tipologie di luoghi ubicati nelle aree identificate nel Piano d'azione nazionale per il radon (art. 10). Per i locali semisotterranei e per quelli a piano terra situati nelle aree prioritarie individuate dalle Regioni ai sensi dell'art. 11 del decreto, l'esercente è tenuto a completare le misurazioni entro 18 mesi dalla loro individuazione.

Cadenze e tempistiche delle misurazioni sono normate dall'art. 17, la cui titolarità spetta ai servizi di dosimetria riconosciuti, per i quali il decreto 203/2022 ha sancito i requisiti minimi, in attesa dei decreti ministeriali che stabiliscano le modalità per il riconoscimento dei soggetti che svolgono attività del servizio di dosimetria. Risultano considerati istituti abilitati l'INAIL e l'ISIN (Ispettorato Nazionale per la Sicurezza Nucleare e la Radioprotezione).

3.4.7 Pratiche con impiego di radionuclidi di origine naturale

Un settore che ha subito cambiamenti particolarmente importanti rispetto alla normativa precedente è il Capo II del titolo IV, che disciplina le "Pratiche che comportano l'impiego di materiali contenenti radionuclidi di origine naturale".

Si parla ora di "Pratiche[3]" anziché di "Attività lavorative" come nel passato, per cui si applicano gli strumenti della radioprotezione: i livelli di esenzione, i livelli di allontanamento e il limite di dose.

[2] ICRP, 2017. Occupational intakes of radionuclides: Part 3. ICRP Publication 137. Ann. ICRP 46(3/4). Allegato II, sez. I, punto 6: $6{,}7 \cdot 10^{-9}$ $Sv \cdot Bq^{-1} \cdot h^{-1} \cdot m^3$. Considerando una soglia di 300 $Bq \cdot m^{-3}$ ed una permanenza media di 2000 ore/anno e 7000 ore/anno rispettivamente per gli ambienti di lavoro e gli ambienti domestici, le corrispondenti dosi efficaci risultano essere, rispettivamente, 4,02 e 14,07 mSv.

[3] Pratica: un'attività umana che può aumentare l'esposizione di singole persone alle radiazioni proveniente da una sorgente di radiazioni ed è gestita come una situazione di esposizione pianificata.

Le pratiche che comportano l'impiego di materiali contenenti radionuclidi di origine naturale sono state definite per la prima volta dalla ICRP nella pubblicazione n. 82 rivolta alla protezione della popolazione in caso di esposizione prolungata (ICRP, 1999 -pag. 15), con l'acronimo di NORMs (Naturally Occurring Radioactive Materials), a seguito dell'osservazione dell'incremento dell'esposizione 'naturale' dovuta all'evoluzione tecnologica industriale. L'ultima definizione è riportata nella pubblicazione XXX del 14 novembre 2018 (ICRP, draft report for consultation, pag. 41, righe 1519-1523): NORM (naturally occurring radioactive material) *"Materiale che non contiene quantità significative di radionuclidi diversi dai radionuclidi presenti in natura, in cui le concentrazioni di attività dei radionuclidi presenti in natura sono state modificate da qualche processo dando luogo a una maggiore esposizione delle specie umane e non umane".* In pratica, si tratta di materie prime, sottoprodotti o residui di lavorazione dei cicli produttivi di tutte quelle attività lavorative, che possono avere un contenuto di radioattività non trascurabile dal punto di vista della protezione dei lavoratori e del pubblico, non per le loro proprietà fissili o fertili, ma a seguito dei processi industriali.

Entro 12 mesi dall'entrata in vigore del decreto o dall'inizio della pratica, l'esercente provvede alla misurazione della concentrazione di attività sui materiali presenti nel ciclo produttivo e sui residui derivanti dall'attività lavorativa per le pratiche che si svolgono nell'ambito dei settori industriali indicati nell'allegato II (centrali elettriche a carbone, estrazione di granitoidi, porfidi, tufo, pozzolana, lava, basalto, industria dello zircone e dello zirconio, lavorazioni di minerali e produzione primaria del ferro, lavorazione di minerali fosfatici e potassici, produzione del TiO_2, produzione di cemento, lavorazione dei composti del Torio, produzione di energia geotermica, produzione di gas e petrolio, industrie dotate di impianti per la filtrazione delle acque di falda, lavorazioni di taglio e sabbiatura) che comportano l'uso o lo stoccaggio, o la produzione di residui o di effluenti di materiali che contengono radionuclidi di origine naturale.

Considerando che, nel caso delle pratiche, gli strumenti adottati per la radioprotezione sono i livelli di esenzione, i livelli di allontanamento e il limite di dose, per misurazioni che superino i livelli di esenzione (i livelli di esenzione e di allontanamento hanno gli stessi valori e sono definiti per i lavoratori e per gli individui della popolazione sia in termini di concentrazione di attività sia in termini di dose efficace nell'allegato II), è necessaria la nomina dell'esperto in radioprotezione che adotterà gli adempimenti previsti dall'art. 22: la relazione tecnica che ne deriva e i risultati delle misurazioni costituiscono parte integrante del documento di valutazione dei rischi di cui al d.lgs. 81/2008.

L'esenzione o meno dagli obblighi di notifica per una pratica può essere riassunta nella tabella che segue (tabella n. 6):

Tabella n. 6	Art. 22 – Obblighi dell'esercente per le pratiche che comportano l'impiego di materiali contenente radionuclidi di origine naturale		
Livelli di esenzione		**Pratica esente/non esente**	**Note**
Conc. di attività	**Dose efficace** (1)		
Non superiore	-	ESENTE	*Comma 2:* ripetizione delle misurazioni con cadenza triennale

			o in caso di significative variazioni del ciclo produttivo
Superiore	Non superiore	ESENTE	*Comma 3:* ripetizione delle misurazioni con cadenza triennale o in caso di significative variazioni del ciclo produttivo; trasmissione dei risultati delle dosi all'ISIN, alle ARPA/APPA, al SSN, all'INL
Superiore	Superiore	NON ESENTE	*Comma 4:* notifica di pratica
Superiore	Non superiore a seguito di modifiche correttive	ESENTE	*Comma5:* trasmissione dei risultati al MdL, all'ISIN, alle ARPA/APPA, ai servizi del SSN, all'INL.

(1) per i lavoratori, il livello di esenzione di Dose efficace è 1 mSv/anno; per l'individuo rappresentativo, è fissato in 0,3 mSv/anno.

In merito alla valutazione di impatti radiologici da NORM, esistono degli studi riguardanti la valutazione della dose per individui della popolazione e lavoratori interessati da materiali ed effluenti con presenza di NORM, come la metodologia sviluppata dall'ISPRA, che consente di valutare l'impatto radiologico della popolazione e dei lavoratori impegnati nelle cosiddette industrie NORM.

Un lavoratore di un'industria NORM tipicamente è esposto per a) irraggiamento esterno dai materiali, b) inalazione di polveri di materiale risospeso, c) inalazione di radon esalato dai materiali secondo la seguente equazione:

$$E_{tot,i} = E_{irr,i} + E_{in,i} + E_{Rn}$$

ove:

$E_{tot,i}$ = dose efficace individuale totale dovuta all'i-esimo radionuclide (Sv/anno);

$E_{irr,i}$ = dose efficace individuale per irradiazione esterna dovuta all'i-esimo radionuclide (Sv/anno);

$E_{in,i}$ = dose efficace individuale per inalazione dovuta all'i-esimo radionuclide (Sv/anno);

E_{Rn} = dose efficace individuale per inalazione di Rn-222 (Sv/anno).

Le dosi secondo tale equazione vanno sommate su tutti i radionuclidi coinvolti e da cui va sottratto il contributo di irradiazione esterna e di radon (ritenendo trascurabile quello per inalazione), tranne che nei casi in cui la presenza di materiale NORM è dominante, come nel caso delle discariche o dei depositi di stoccaggio coperti interamente da NORM; si pensi, ad esempio, ad alcuni siti di interesse nazionale (SIN), come le discariche di fosfogessi nella laguna di Venezia, nell'area industriale di Crotone e di Gela.

3.4.8 I materiali da costruzione

La valutazione delle radiazioni gamma emesse da materiali da costruzione è un'altra novità introdotta dalla direttiva. Questi nuovi aspetti integrano il regolamento (UE) n. 305/2011 riguardante la marcatura CE sui materiali da costruzione per la loro

commercializzazione e costituiscono parte integrante della dichiarazione di prestazione di cui allo stesso regolamento.

Si tratta di individuare, come oggetto di attenzione dal punto di vista della radioprotezione, alcuni materiali da costruzione prima della loro immissione sul mercato da parte del soggetto responsabile. I materiali che rientrano nel campo di applicazione del d.lgs. 101/2020 sono quelli elencati nell'allegato II, di seguito riportati:

1) Materiali naturali
   a) Alum-shale (cemento contenente scisti alluminosi);
   b) Materiali da costruzione o additivi di origine naturale ignea tra cui:
      - granitoidi (quali graniti, sieniti e ortogneiss);
      - porfidi;
      - tufo;
      - pozzolana;
      - lava;
      - derivati dalle sabbie zirconifere.
2) Materiali che incorporano residui dalle industrie che lavorano materiali radioattivi naturali tra cui:
      - ceneri volanti;
      - fosfogesso;
      - scorie di fosforo;
      - scorie di stagno;
      - scorie di rame;
      - fanghi rossi (residui della produzione dell'alluminio);
      - residui della protezione di acciaio.

Per essi è necessario effettuare una misura delle concentrazioni di attività di Ra-226, Th-232 (o il suo prodotto di decadimento Ra-228) e K-40, al fine di determinare l'Indice di concentrazione di attività -I-; il valore dell'indice di concentrazione di attività pari a 1 può essere utilizzato come uno strumento di screening per individuare materiali che possono portare al superamento del livello di riferimento. In caso di superamento di tale indice, il fabbricante effettua valutazioni di dose secondo le indicazioni riportate nell'allegato II. In questo caso, se viene superato il livello di riferimento, che è posto pari a 1 mSv/anno, il materiale non può essere utilizzato per edifici di ingegneria civile, come abitazioni ed edifici ad elevato fattore di occupazione.

Per il personale navigante ad alta quota, si parla di esposizioni significative alle radiazioni ionizzanti per una dose efficace superiore a 1 mSv per voli a quote non inferiori a 8.000 m, valutando la dose ricevuta mediante metodi di calcolo per voli a

quote fino a 15.000 m, mentre per voli a quote superiori, si affianca a tale valutazione quella effettuata mediante dispositivi di misura attivi.

4. Elenco cronologico della principale normativa di settore

Si elencano di seguito in ordine cronologico le principali norme riguardanti la protezione sanitaria dei lavoratori e della popolazione dagli effetti dannosi delle radiazioni ionizzanti.

- Legge 31 dicembre 1962, n. 1860 "*Impiego pacifico dell'energia nucleare*" (G.U. 30 gennaio 1963, n. 27)
- Decreto del Presidente della Repubblica 13 febbraio 1964, n. 185 "*Sicurezza degli impianti e protezione sanitaria dei lavoratori e delle popolazioni contro i pericoli delle radiazioni ionizzanti derivanti dall'impiego pacifico dell'energia nucleare*" (G.U. 16 aprile 1964, n. 95, suppl. ord.). Il presente decreto è stato abrogato dall'art. 163, d.lgs. 17 marzo 1995, n. 230
- Decreto ministeriale 6 giugno 1968 "*Determinazione delle dosi e delle concentrazioni massime ammissibili ai fini della protezione sanitaria dei lavoratori dalle radiazioni ionizzanti*" (G.U. 30 agosto 1968, n. 220)
- Decreto del Presidente della Repubblica 24 settembre 1968, n. 1428 "*Definizione dei tipi di macchine radiogene il cui impiego può determinare rischi di radiazioni ionizzanti per i lavoratori e la popolazione*" (G.U. 26 febbraio 1969, n. 51)
- Decreto ministeriale 2 febbraio 1971 "*Determinazione dei valori delle dosi massime ammissibili e delle concentrazioni massime ammissibili, nonché dei valori dell'efficacia biologica relativa, per la popolazione nel suo insieme e per i gruppi particolari della popolazione, ai fini della protezione contro i pericoli derivanti dalle radiazioni ionizzanti*" (G.U. 6 marzo 1971, n. 58)
- Decreto del Presidente della *Repubblica* 12 dicembre 1972, n. 1150 "*Determinazione delle modalità per l'iscrizione negli elenchi degli esperti qualificati e dei medici autorizzati incaricati della sorveglianza fisica e medica della protezione dalle radiazioni ionizzanti*" (G.U. 3 maggio 1973, n. 113)
- Decreto ministeriale 15 febbraio 1974 "*Istituzione degli elenchi nominativi degli esperti qualificati e medici autorizzati alla sorveglianza fisica e medica della protezione dalle radiazioni ionizzanti"* (G.U. 5 aprile 1974, n. 91)
- Decreto ministeriale 13 luglio 1990, n. 449 "*Regolamento concernente le modalità di tenuta della documentazione relativa alla sorveglianza fisica e medica della protezione dalle radiazioni ionizzanti e la sorveglianza medica dei lavoratori esposti al rischio di tali radiazioni*" (G.U. 14 febbraio 1991, n. 38). Il presente decreto è stato abrogato dal punto 14.7 dell'allegato XI del d.lgs. 22 maggio 2000, n. 241, a decorrere dal 1° gennaio 2001
- Decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230 "*Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom e 2006/117/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti*" (G.U. 13 giugno 1995, n. 136, suppl. ord.)
- Decreto legislativo 22 maggio 2000, n. 241 "*Attuazione della direttiva 96/29/Euratom in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori*

contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti" (G.U. 31 agosto 2000, n. 203, suppl. ord.)

- Decreto legislativo 26 maggio 2000, n. 187 "*Attuazione della direttiva 97/43/Euratom in materia di protezione sanitaria delle persone contro i pericoli delle radiazioni ionizzanti connesse ad esposizioni mediche*" (G.U. 7 luglio 2000, n. 157, suppl. ord.)
- Decreto ministeriale 4 gennaio 2001 "*Attuazione dell'art. 62, comma 4, del decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230, modificato dal decreto legislativo 22 maggio 2000, n. 241, che stabilisce l'obbligo di notifica o di autorizzazione delle attività di datore di lavoro di imprese esterne*" (G.U. 3 aprile 2001, n. 78)
- Circolare del Ministero del lavoro 8 gennaio 2001, n. 5 "*Decreto legislativo 22 maggio 2000, n. 241: attuazione della direttiva 96/29/Euratom in materia di protezione sanitaria dei lavoratori e della popolazione contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti*"
- Decreto legislativo 26 marzo 2001, n. 151 "*Testo unico delle disposizioni legislative in materia di tutela e sostegno della maternità e della paternità, a norma dell'art. 15 della legge 8 marzo 2000, n. 53*" (G.U. 26 aprile 2001, n. 96, suppl. ord.)
- Decreto ministeriale 2 maggio 2001 "*Criteri per l'individuazione e l'uso dei dispositivi di protezione individuale D.P.I.*" (G.U. 8 settembre 2001, n. 209)
- Decreto legislativo 9 maggio 2001, n. 257 "*Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 22 maggio 2000, n. 241, recante attuazione della direttiva 96/29/Euratom in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti*" (G.U. 4 luglio 2001, n. 153)
- Decreto ministeriale 11 giugno 2001, n. 488 "*Regolamento recante criteri indicativi per la valutazione dell'idoneità dei lavoratori all'esposizione alle radiazioni ionizzanti, ai sensi dell'articolo 84, comma 7, del decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230*" (G.U. 5 aprile 2002, n. 80)
- Legge 1° marzo 2002, n. 33 - art. 39 che modifica l'art. 108 del d.lgs. 230/95 riguardante la disciplina dell'esposizione di persone a scopo di ricerca scientifica clinica (G.U. 26 marzo 2002, n. 72)
- Decreto legislativo 6 febbraio 2007, n. 52 "*Attuazione della direttiva 2003/122/CE Euratom sul controllo delle sorgenti radioattive sigillate ad alta attività e delle sorgenti orfane*" (G.U. 24 aprile 2007, n. 95)
- Decreto legislativo 9 aprile 2008, n. *81 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro"* (G.U. 30 aprile 2008, n. 101)
- Decreto legislativo 20 febbraio 2009, n. 23 "*Attuazione della direttiva 2006/117/Euratom, relativa alla sorveglianza e al controllo delle spedizioni di rifiuti radioattivi e di combustibile nucleare esaurito*" (G.U. 23 marzo 2009, n. 68)
- Decreto legislativo 15 febbraio 2010, n. 31 "*Disciplina della localizzazione, della realizzazione e dell'esercizio nel territorio nazionale di impianti di produzione di energia elettrica nucleare, di impianti di fabbricazione del combustibile nucleare, dei sistemi di stoccaggio del combustibile irraggiato e dei rifiuti radioattivi, nonché benefici economici e campagne informative al pubblico, a norma dell'articolo 25 della legge 23 luglio 2009, n. 99*" (G.U. 8 marzo 2010, n. 55)

- Decreto legislativo 23 marzo 2011, n. 41 "*Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 15 febbraio 2010, n. 31, recante disciplina della localizzazione, della realizzazione e dell'esercizio nel territorio nazionale di impianti di produzione di energia elettrica nucleare, di impianti di fabbricazione del combustibile nucleare, dei sistemi di stoccaggio del combustibile irraggiato e dei rifiuti radioattivi, nonché benefici economici e campagne informative al pubblico, a norma dell'art. 25 della legge 23 luglio 2009, n. 99*" (G.U. 13 aprile 2011, n. 85)
- Decreto legislativo 1º giugno 2011, n. 100 "*Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 20 febbraio 2009, n. 23, recante attuazione della direttiva 2006/117/Euratom, relativa alla sorveglianza e al controllo delle spedizioni di rifiuti radioattivi e di combustibile nucleare esaurito. Sorveglianza radiometrica su materiali o prodotti semilavorati metallici*" (G.U. 7 luglio 2011, n. 156)
- Decreto legislativo 19 ottobre 2011, n. 185 "*Attuazione della direttiva 2009/71/Euratom che istituisce un quadro comunitario per la sicurezza degli impianti nucleari*" (G.U. 15 novembre 2011, n. 266)
- Decreto legislativo 4 marzo 2014, n. 45 "*Attuazione della direttiva 2011/70/Euratom, che istituisce un quadro comunitario per la gestione responsabile e sicura del combustibile nucleare esaurito e dei rifiuti radioattivi*" (G.U. 26 marzo 2014, n. 71)
- Legge 28 aprile 2015, n. 58 *"Ratifica ed esecuzione degli Emendamenti alla Convenzione sulla protezione fisica dei materiali nucleari del 3 marzo 1980, adottati a Vienna l'8 luglio 2005, e norme di adeguamento dell'ordinamento interno"* (G.U. 13 maggio 2015, n. 109)
- Decreto legislativo 31 luglio 2020, n. 101 *"Attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom e riordino della normativa di settore in attuazione dell'articolo 20, comma 1, lettera a), della legge 4 ottobre 2019, n. 117"* (G.U. 12 agosto 2020, n. 201)
- Decreto legislativo 25 novembre 2022, n. 203 *"Disposizioni integrative e correttive al decreto legislativo 31 luglio 2020, n. 101, di attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom e riordino della normativa di settore in attuazione dell'articolo 20, comma 1, lettera a), della legge 4 ottobre 2019, n. 117"* (G.U. 3 gennaio 2023, n. 2)
- N. 4 Avvisi di rettifica al d.lgs. 25 novembre 2022, n. 203 (G.U. 3 aprile 2023, n. 79).

Bibliografia

- Decreto legislativo 31 luglio 2020, n. 101 "Attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom e riordino della normativa di settore in attuazione dell'articolo 20, comma 1, lettera a), della legge 4 ottobre 2019, n. 117" (G.U. 12 agosto 2020, n. 201);
- Decreto legislativo 25 novembre 2022, n. 203 "Disposizioni integrative e correttive al decreto legislativo 31 luglio 2020, n. 101, di attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom e riordino della normativa di settore in attuazione dell'articolo 20, comma 1, lettera a), della legge 4 ottobre 2019, n. 117" (G.U. 3 gennaio 2023, n. 2);
- ICRP Publication 26, "Recommendations of the International Commission on Radiological Protection" – Pergamon Press, 1977;
- ICRP Publication 60, "1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection" – Pergamon Press. Annals of the ICRP. Volume 21/1-3, 1991;
- ICRP Publication 103, "The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection" - Annals of the ICRP. Volume 37/2-4, 2008;
- ICRP Publication 137, "Occupational intakes of radionuclides: Part 3" - Annals of the ICRP. Volume 46/3-4, 2017;
- AA.VV. Il radon in Italia: guida per il cittadino. INAIL-DIMEILA, 2014.
- Piano Sanitario Nazionale 1998-2000;
- Piano Sanitario Nazionale 2001-2003;
- Piano Sanitario Nazionale 2003-2005;
- Piano Sanitario Nazionale 2006-2008;
- Piano Nazionale d'Azione per il Radon 2002;
- Piano Nazionale d'Azione per il Radon 2023-2032 (bozza del 14 aprile 2023);
- ISPRA – task n. 03.02.01 Valutazione di impatti radiologici da NORM.

Data di chiusura del documento

Novembre 2023

Conoscere il rischio

Nella sezione Conoscere il rischio del portale Inail, la Consulenza tecnica per la salute e la sicurezza (Ctss) mette a disposizione prodotti e approfondimenti normativi e tecnici sul rischio professionale, come primo passo per la prevenzione di infortuni e malattie professionali e la protezione dei lavoratori. La Ctss è la struttura tecnica dell'Inail dedicata alla valutazione del rischio professionale e alla promozione di interventi di sostegno ad aziende e lavoratori in materia di prevenzione e reinserimento lavorativo.

Per informazioni

ctss@inail.it